

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 76 (1983)
Heft: 1: Zentenarfeier der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft

Artikel: La géologie en Suisse des députs jusqu'à 1882 : digression sur l'histoire de la géologie suisse depuis Konrad Gesner (1565) jusqu'à Heinrich Wettstein (1880)
Autor: Carozzi, Albert V.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-165349>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La géologie en Suisse des débuts jusqu'à 1882 – digression sur l'histoire de la géologie suisse depuis Konrad Gesner (1565) jusqu'à Heinrich Wettstein (1880)

Par ALBERT V. CAROZZI¹⁾

Un caractère fondamental de l'histoire de la géologie est le régionalisme associé à l'absence de véritables révolutions scientifiques, car la géologie est une science historique qui ne fait pas table rase périodiquement de ses théories comme la physique par exemple.

Comment se place le début de l'histoire de la géologie suisse face au régionalisme? On peut dire que quatre facteurs principaux ont dirigé cette histoire: la richesse paléontologique du Jura, et dans une certaine mesure de la Molasse, l'absence de la mer comme document direct de comparaison, l'existence d'un phénomène glaciaire relativement accessible et la présence menaçante des structures alpines pratiquement incompréhensibles jusqu'à l'introduction du concept de nappes.

Ces quatre facteurs régionaux ont joué dans des contextes philosophiques à travers le temps. Je mentionnerai d'abord la magie pour Konrad Gesner, ensuite le déluge pour Scheuchzer, la chronologie biblique pour Bourguet et De Luc, et finalement la théorie de la contraction pour Escher von der Linth et Albert Heim.

Dans ce genre de digression, il est nécessaire de faire un choix pour ne pas tomber dans une chronologie aride, en rappelant cependant que les géologues «fameux» l'ont été non seulement par leur génie, leur intuition, leur travail et les concours de circonstances, mais également par l'appui indispensable d'une multitude de personnages mineurs qui ont œuvré dans les coulisses, modestes travailleurs tombés dans l'oubli.

Pendant le seizième siècle, la plupart des philosophes étudient la nature pour démontrer son caractère divin. D'ailleurs ils croient en une relation directe entre d'une part les métaux, les minéraux, et les pierres et d'autre part le soleil et les planètes. Ils pensent que les pierres précieuses possèdent une magie inhérente, utile à l'homme, une valeur marchande et un effet médicinal. Ces traditions sont exprimées dans l'œuvre de KONRAD GESNER (1516–1565) qui a étudié la théologie, la médecine, les langues anciennes, et l'histoire naturelle et qui possède des connaissances encyclopédiques. Dans *De Rerum fossilium, Lapidum et Gemmarum maxime, figuris et similitudinibus* (1565), il étudie la forme des fossiles organiques et inorgani-

¹⁾ Department of Geology, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois 61801, USA.

ques en les comparant à d'autres objets naturels (fig. 1). Il les classe ensuite selon une hiérarchie cosmique qui s'étend depuis une ressemblance à des formes purement géométriques, ou à des éléments aristotéliens, à celle des corps célestes et enfin à celle des corps terrestres inanimés, et finalement animés. Seules les dernières classes ressemblant aux plantes et aux animaux correspondent à ce que nous appelons aujourd'hui les fossiles.

Cependant *De Rerum fossilium* apporte des innovations importantes pour la paléontologie: les fossiles ne sont pas seulement décrits, mais pour la première fois abondamment illustrés et font partie d'une collection ouverte au public de façon à étendre sa connaissance. Gesner fait aussi appel aux naturalistes d'autres pays pour collaborer de manière collective à l'étude des fossiles: c'est le début des sociétés scientifiques. *De Rerum fossilium* reste inachevé quand Gesner meurt de la peste la même année.

Tandis que Gesner ne s'intéresse pas particulièrement à l'origine des fossiles, c'est un classificateur, nous allons voir qu'aux dix-septième et dix-huitième siècles, au contraire, les théories sur l'origine des fossiles abondent.

Après de brillantes études en médecine à Zurich, Nuremberg et Utrecht, JOHANN JACOB SCHEUCHZER (1672–1733) s'intéresse principalement aux fossiles. Il les collectionne et les étudie pendant plusieurs voyages subventionnés par le gouvernement zurichois. A sa mort, moins de quarante ans après, il laisse à la bibliothèque de Zurich plus de 260 volumes folio.

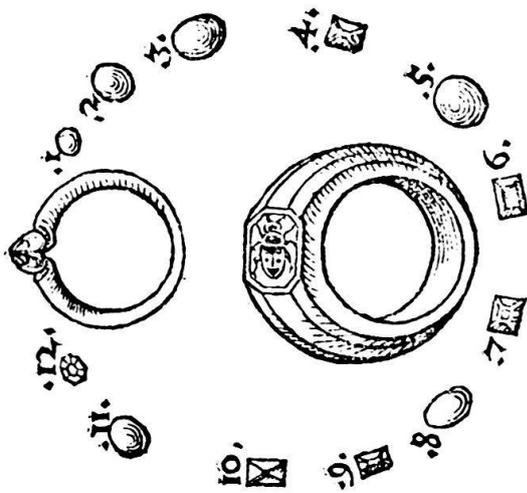
Dans sa première publication, *De Generatione Conchitarum* (1697), il décrit les fossiles comme des jeux de la nature tandis que dans *Specimen Lithographiae Helvetiae Curiosae* (1702) il ne donne aucune théorie sur leur origine. Mais à la suite de sa correspondance avec Woodward, il se convertit au diluvianisme biblique et écrit la fameuse Querelle des Poissons, *Piscium Querelae et Vindiciae* (1708) où il se fait l'interprète des poissons fossiles qui protestent leur attribution aux jeux de la nature alors qu'ils sont en réalité des organismes que la divine providence a conservé dans les pierres comme témoins du déluge biblique. Dans *Herbarium Diluvianum* (1709) il interprète les plantes fossiles également comme transportées par le déluge. En 1716 il écrit *Helvetiae Historia Naturalis* en trois volumes (fig. 2) et en 1725 le fameux *Homo diluvii testis* où il décrit les os d'une salamandre géante de la Molasse d'œningen comme ceux d'un homme, témoin du déluge. Vers la fin de sa vie, Scheuchzer publie trois volumes illustrés, la *Physica sacra* (1731), pour convaincre ses contemporains que le récit biblique est intimement lié aux découvertes scientifiques. Cuvier écrira plus tard que seul un homme aveuglé par sa religion a pu oublier sa profession et commettre une telle erreur anatomique. C'est pourtant *Homo diluvii testis* qui a immortalisé Scheuchzer.

De son vivant, ses connaissances et sa collection de fossiles attirent l'attention de tous les naturalistes; sa correspondance est immense, et sa théorie diluvienne sera acceptée par de nombreux naturalistes en Suisse comme Louis Bourguet, Elie Bertrand et Jean-André De Luc.

En revanche, ce n'est pas le cas de CHARLES-NICOLAS LANGIUS (1670–1741), médecin à Lucerne, qui publie en 1708 *Historia Lapidum Figuratorum Helvetiae* (fig. 3), un ouvrage apparemment très demandé et aussi très critiqué de son temps, en particulier par Dezallier d'Argenville, de Maillet et Bourguet. La deuxième partie

DE G M N I
 RERVM FOSSI-
 LIVM GENERE, GEM-
 MIS, LAPIDIBVS, METALLIS,
 ET PVIYSMODI, LIBRI ALI-
 QVOT, PLEKIQVE NVNC
 PRIMVM EDITI.

Operâ Comadî Gesneri: Quorum Catalo-
 gum sequens folium continet.



Figuri, excudebat Iacobus Gesnerus: An-
 no M. D. LXXI.

Fig. 1. Page de titre de *De Rerum Fossilium ...* de K. Gesner.

HELVETIÆ
 HISTORIA NATURALIS

Oder
 Natür-
 Des
 Schweizlandes

Aufgesetzt von

Joh. Jacob Scheuchzer Med. D.
 Math. Prof. der Kayserlich Leopoldi-
 nisch = Carolinischen und Königl.
 Englischen und Preussischen Gesell-
 schafften Mitglied.

Fig. 2. Page de titre de *Helvetiae Historia Naturalis*
 de J.J. Scheuchzer.

du *Tractatus de Origine Lapidum Figuratorum* (insérée dans *Historia Lapidum Figuratorum Helvetiae*) représente une réfutation de la théorie diluvienne selon Burnet, Woodward et Scheuchzer. En effet, Langius admet que tous les coquillages, entiers ou brisés, qui se trouvent dans les pierres des montagnes, proviennent des semences de ces corps marins, semences entières ou fragmentées, transportées par les eaux souterraines, de la mer au pied des montagnes les plus éloignées. Ces semences s'élèvent ensuite à travers les pierres (souvent poreuses) jusqu'aux sommets des montagnes où elles sont fécondées par la neige. La perfection de ces corps marins ou leur état fragmentaire dépendent de la semence dont ils ont été produits. Ainsi, par exemple, une coquille brisée en vingt fragments est le produit d'autant de portions de la semence qui lui est propre. Langius s'est probablement inspiré de la théorie de Edward Lhwyd *Lithophylacii Britannici Ichnographia sive Lapidorum aliorumque – Fossilium Britannicorum singulari figura insignium*, publié à Londres et Leipzig en 1699. En effet, Lhwyd propose que la plupart des fossiles trouvés à l'intérieur des terres ont pris naissance dans les roches mêmes à partir de semences venant de la mer.

Originaire de Nîmes, LOUIS BOURGUET (1678–1742) devient citoyen de Neuchâtel en 1704. C'est un homme d'une érudition remarquable, appelé le Pline de Neuchâtel par ses amis, mais ses ouvrages sont généralement d'un ton polémique.

Dans son livre (fig. 4) *Lettres philosophiques sur la formation des sels et des cristaux ...* (1729) adressé à Scheuchzer, il distingue les minéraux des fossiles en disant que la structure des stalactites, par exemple, est accidentelle tandis que celle des belemnites est destinée à quelque usage, c'est une structure organique nécessaire. Ce livre contient un *Mémoire sur la théorie de la terre* où il accepte la chronologie biblique. Il dit que «la terre perdit sa forme précédente vers le temps de l'Équinoxe du Printemps et elle commença à prendre une nouvelle forme vers l'Équinoxe de l'Automne ...». Le premier monde fut dissout et les coquillages s'introduisirent dans les matières dissoutes selon la théorie de Woodward. Après la consolidation des matières, le sommet des montagnes acquit la figure des ondes de la mer. Ces montagnes se sont dressées pendant le temps que les couches concentriques reçurent une direction d'élévation vers le temps de l'équinoxe de l'automne. Bourguet pense que le premier monde a été changé par une inondation ou dissolution par l'eau, ce globe-ci périra dans un embrasement.

Dans un deuxième livre (fig. 5), d'abord anonyme, *Traité des Pétrifications* (1742), Bourguet répète son acceptation de la théorie de Woodward. Il classe les fossiles en trois catégories: 1. ceux qui appartiennent à la première terre, 2. ceux qui ont été introduits dans les couches pendant le déluge et 3. ceux qui se forment encore actuellement. Ses observations portent la marque du contexte géologique du Jura dans lequel il travaille: phénomènes karstiques et abondance de fossiles. D'un grand intérêt est sa bibliographie de tous les auteurs qui ont écrit sur les fossiles, un index des divers endroits au monde où l'on a trouvé des pétrifications, et enfin une description illustrée des fossiles du Jura.

ELIE BERTRAND (1712–1790), pasteur de l'église française de Berne, conseiller privé du roi de Pologne, membre de plusieurs académies, co-éditeur de l'œuvre athée de d'Holbach, *Système de la Nature*, et ami de Voltaire, mérite d'être sorti de l'oubli.

CAROLI NICOLAI LANGII
 Lucernens. Helvet. Phil. & Medici
 Acad. Cæs. LEOPOLD. Nat. Curios. German. & Physico-Crit. Senenf.
HISTORIA
 LAPIDUM FIGURATORUM
 HELVETIÆ,
 EJUSQUE VICINIÆ,

In quâ non solum enarrantur omnia eorum
 GENERA, SPECIES ET VIRES
 AENEISQUE TABULIS REPRESENTANTUR.

Sed insuper adducuntur eorum.

LOCA NATIVA,
 IN QUIBUS REPERI SOLENT,
 UT CUILIBET FACILE SIT EOS COL-
 LIGERE, MODO ADDUCTA LOCA.
 ADIRE LIBEAT.



VENETIIS MDCCVIII.

Sumptibus Authoris, Typis Jacobi Tomasini.
 SUPERIORUM PERMISSU.
 Lucernæ, apud Hæredes Gottofredi Hautt.
 & Joannem Jodocum Halter.

Fig. 3. Page de titre de *Historia Lapidum Figuratorum Helvetiae* de C.N. Langius.

LETTRES
PHILOSOPHIQUES
 SUR LA FORMATION
 DES SELS ET DES CRYSTAUX.
 ET SUR

La Génération & le Méchanisme Organique
 DES PLANTES ET DES ANIMAUX;

A L'OCCASION

DE LA PIERRE BELEMNITE ET DE LA PIERRE
 RE LENTICULAIRE.

AVEC UN MEMOIRE

SUR LA THEORIE DE LA TERRE.

PAR Mr. BOURGNET.



A AMSTERDAM,

Chez FRANÇOIS L'HONORE,
 MDCCCXXIX.

Fig. 4. Page de titre de *Lettres philosophiques ...* de L. Bourguet.

Ce théologien-naturaliste a écrit plusieurs essais très bien documentés sur la géologie, en particulier *Mémoire sur la structure intérieure de la terre* (1752) et *Essai sur les usages des montagnes* (1754). Il compare des pétrifications récentes, trouvées dans les marais, le tuf, les crevasses, avec les fossiles dans les couches «vièrges, entières, liées entre elles & posées les unes sur les autres sans interruption» et propose que certains fossiles appartenant aux roches «vièrges» ne sont pas d'origine organique mais des pierres figurées créés en même temps que les premières montagnes tandis que d'autres fossiles d'origine marine et terrestre datent du déluge universel. En fait, Bertrand se heurte à la contradiction entre la courte durée du monde selon la Bible et le grand nombre de fossiles qu'il trouve dans le Jura. Dans le *Recueil de divers traités sur l'histoire naturelle de la terre et des fossiles* qui en fait a été publié en 1766 (fig. 6), après sa démission comme pasteur, il admet dans une petite note infrapaginale que les pierres figurées sont des fossiles d'organismes marins. Néanmoins, il ne peut concevoir la formation des Alpes et du Jura par la mer. D'ailleurs il s'était déjà détaché de cette impasse en écrivant deux ouvrages de simple classification: *Mémoires pour servir à l'histoire des tremblemens de terre de la Suisse* (1756) et *Dictionnaire universel des fossiles propres et des fossiles accidentels* publié en 1763 (fig. 7). Ces deux efforts ont mérité l'approbation de Voltaire.

L'attitude négative de VOLTAIRE (1694–1778) envers la géologie, et les fossiles marins en particulier, est généralement attribuée à son ignorance, ses préjugés, et son déisme, en fait un faux jugement historique (M. CAROZZI 1983). En réalité, il publie un premier essai géologique en italien en 1746 intitulé *Saggio intorno ai cambiamenti avvenuti sul globo della terra* pour justifier son admission à l'Académie de Bologne (fig. 8). La *Dissertation ...* (fig. 9) est sa propre traduction publiée en 1748. Or quand il habite Ferney, au pied du Jura, il fait des observations personnelles pour réfuter la théorie de la terre de Buffon. Ces observations concernent les phénomènes karstiques dans le Jura et la Molasse d'eau douce chattienne du bassin de Genève et sont présentées dans *Les Singularités de la nature* publiées à Genève en 1768 (fig. 10). Voltaire compare les fossiles de cette molasse (*Helix ramondi*) qu'il observe dans carrières et affleurements aux escargots qui vivent dans son jardin et détruisent sa vigne. Il en déduit que la mer n'a pas pu former ces couches de terre, ni ces montagnes. Les phénomènes karstiques lui démontrent par ailleurs que les ruisseaux sont incapables d'éroder les montagnes du Jura, comme disait Buffon, en fait ils s'infiltrent dans le sol calcaire pour ressortir comme résurgences plus loin.

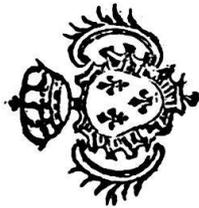
D'autre part, Voltaire se fait envoyer une caisse de faluns de Touraine, un dépôt de coquilles, aujourd'hui considéré d'origine marine, terrestre, ou saumâtre selon la région. Au dix-huitième siècle, ce falun était la formation clef qui démontrait l'invasion de la mer. Voltaire seul ose douter parce qu'il découvre une coquille d'escargot – probablement *Helix turonensis*, un gastéropode d'eau douce qui ressemble beaucoup à *Helix ramondi*. Cette coquille ne lui paraît différer en rien de celle qu'il trouve dans les environs de Ferney. Sans le savoir, Voltaire met le doigt sur un problème encore bien controversé: la distinction entre fossiles marins et fossiles d'eau douce.

Voltaire est opposé à tous les systèmes. Il encourage les naturalistes à observer et à décrire les phénomènes de la nature. Peut-être a-t-il influencé Horace-Bénédict de Saussure qu'il connaissait personnellement.

TRAITÉ
DES
PÉTRIFICATIONS.

Par M. BOURGUET.

Nouvelle Édition, corrigée & augmentée.



A PARIS, RUE DAUPHINE,

Chez CLAUDE-ANTOINE JOMBERT, Fils aîné,
Libraire du Roi, pour le Génie & l'Artillerie.

M. DCC. LXXVIII.

Avec Approbation & Privilège du Roi.

RECUEIL
D E
DIVERS TRAITÉS
S U R
L'HISTOIRE NATURELLE
DE LA TERRE
ET DES FOSSILES.

*Par M. E. BERTRAND, ci-devant premier Pasteur de l'Eglise
Françoise de Berne, & Secrétaire de la Société Économique,
maintenant Conseiller de la Cour du Roi de Pologne; des
Académies de Berlin, de Goettingue, de Suede, de Florence,
de Leipzig, de Mayence, de Munich, de Lyon, de Nancy,
de Bâle; des Sociétés d'Agriculture de Paris, de Lyon, de
Rouen, de Dublin; &c. &c.*



A A V I G N O N ,

Chez LOUIS CHAMBEAU, Imprimeur - Libraire,
près les RR. PP. Jésuites.

M. DCC. LXVI.

Fig. 5. Page de titre de *Traité des Pétrifications* de L. Bourguet.

Fig. 6. Page de titre de *Recueil de divers traités* ... de E. Bertrand.

DICTIONNAIRE
UNIVERSEL
DES

FOSSILES PROPRES,
ET DES
FOSSILES ACCIDENTELS,
CONTENANT UNE DESCRIPTION

Des terres, des sables, des fels, des sulfures, des bitumes, des pierres simples & composées, communes & précieuses transparentes & opaques, amorphes & figurées, des minéraux, des métaux, des pétrifications du règne animal, & du règne végétal &c. avec des recherches sur la formation de ces fossiles, sur leur origine, leurs usages &c.

PAR MR. E. BERTRAND,
Prémier Pasteur de l'Eglise Française de Berne; Membre des Acad. de Berlin, de Goettingue, de Stockholm, de Florence, de Leipzig, de Mayence, de Bavière, de Lyon, de Nanci, de Bâle, de la Société Oeconomique de Berne &c.

TOME PREMIER:



A L A H A Y E,
Chez { P I E R R E G O S S E Junior,
E T
D A N I E L P I N E T.
M. D C C. L X I I I.

Fig. 7. Page de titre de *Dictionnaire universel* ... de E. Bertrand.

S A G G I O
INTORNO
AI CANBIAMENTI
AVVENUTI
SU' L G L O B O
DELLA TERRA



IN PARIGI,
Stampato da P R A U L T sulla ripa di Gèvres.

M. D C C. X L V I.

B E 17 (3)

Fig. 8. Page de titre de *Saggio* ... de Voltaire.



DISSERTATION,

ENVOYÉE PAR L'AUTEUR, EN ITALIEN
à l'Académie de Boulogne, & traduite par lui-même
en français.

SUR LES CHANGEMENS ARRIVÉS DANS NOTRE GLOBE, ET SUR LES PÉTRIFICATIONS

qu'on prétend en être encore
les témoignages.

Il y a des erreurs qui ne sont que pour le peuple. Il y en a qui ne sont que pour les Philologues. Peut-être en est-ce une de ce genre, que l'idée où sont tant de Physiciens qu'on voit par toute la terre des témoignages d'un bouleversement general. On a trouvé dans les montagnes de la Hesse une pierre qui paraissoit porter l'empreinte d'un turbot ; & sur les Alpes un brochet pétrifié. On en conclut, que la mer & les rivières ont coulé tour à tour sur les montagnes. Il étoit plus naturel de soupçonner, que ces poissons, apportés par un voyageur, s'étant gâtés furent jetés, & se pétrifierent dans la suite de tems ; mais cette idée étoit trop simple & trop peu systématique. On dit, qu'on a découvert un ancre de vaisseau sur une montagne de la Suisse : on ne fait pas reflexion qu'on
Vol. VI. A y a

LES SINGULARITÉS DE

LA NATURE.

PAR

Un Académicien de Londres, de
Boulogne, de Petersbourg, de
Berlin, &c.



A B A S L E,

1 7 6 8.

Fig. 9. Page de titre de *Dissertation ...* de Voltaire.

Fig. 10. Page de titre de *Les Singularités de la nature* de Voltaire.

HORACE-BÉNÉDICT DE SAUSSURE (1740–1799) traverse quatorze fois la chaîne des Alpes par huit itinéraires différents. Il entreprend seize excursions jusqu'au centre de la chaîne pour tenter d'élucider l'origine des montagnes. Il observe que les couches primitives sont verticales, que les couches secondaires à leur point de contact le sont aussi, mais deviennent de plus en plus horizontales à mesure qu'elles s'éloignent des premières. En 1774, il propose une première théorie de la terre dont on ne connaît qu'un résumé: Puisque les montagnes secondaires fossilifères ont été formées dans le sein des eaux, il conclut que les primitives ont la même origine. Donc la mer, couvrant jadis toute la surface du globe selon le concept Wernerien de l'océan universel, aurait formé par des dépôts et des cristallisations successives d'abord les montagnes primitives – l'océan étant chaud – puis les secondaires avec un océan refroidi permettant la vie. Les montagnes tertiaires sont composées de débris des dépôts antérieurs. Le feu ou l'explosion des fluides élastiques renfermés dans l'intérieur du globe auraient soulevé et rompu cette écorce de couches horizontales et concentriques, et auraient fait sortir ainsi la partie intérieure et primitive, tandis que les parties extérieures ou secondaires seraient demeurées appuyées contre les premières. Les eaux se seraient précipitées dans les gouffres crevés et vidés par l'explosion des fluides élastiques, et en coulant vers ces gouffres elles auraient entraîné à de grandes distances les blocs énormes qui se trouvent épars dans les plaines.

L'essentiel de la contribution des *Voyages dans les Alpes* (1779–1796), à part une description minutieuse des Alpes (fig. 11), est l'idée de refoulements latéraux dus à l'explosion des fluides élastiques. Mais de Saussure n'a jamais présenté sa théorie en forme finale. Il s'est contenté de faire une liste des résultats obtenus devant servir de base à ses successeurs. Je pense que pour de Saussure le terrain était une échappatoire à la politique genevoise dont l'aspect social et culturel l'a profondément intéressé et qui lui laissait peu de temps pour arriver à une synthèse (A. V. CAROZZI 1976). De plus, la géologie alpine était trop compliquée, en l'absence du concept de nappes dont il a entrevu le principe, pour être comprise à cette époque.

Les avis sont partagés sur la contribution de JEAN-ANDRÉ DE LUC (1727–1817), ce fameux Genevois qui a terminé sa carrière en Angleterre. Ayant osé s'opposer à la théorie de soulèvement de Hutton, les historiens anglo-saxons l'ont négligé. Il est certain que De Luc est un géologue – terme utilisé pour la première fois par lui ou par de Saussure dans son acception moderne – un géologue de réputation mondiale de son vivant. Il a écrit *Lettres physiques et morales sur les montagnes et sur l'histoire de la terre et de l'homme – Adressées à la reine de la Grande Bretagne*, publiées à La Haye en 1779 (fig. 12), *Lettres sur l'histoire physique de la terre à M. le Professeur Blumenbach*, publiées à Paris en 1798 (fig. 13) ainsi qu'un *Traité élémentaire de géologie* (Paris, 1809).

La géologie de De Luc, basée sur de nombreuses observations, faites lors d'un des premiers voyages dans les Alpes, est une géogénie étroitement liée au récit biblique (ELLENBERGER & GOHAU 1980). Un liquide primordial dépose par précipitations chimiques successives le granite, les terrains primordiaux, les terrains secondaires fossilifères, et finalement les couches non-consolidées pour se réduire en dernier à l'eau des mers actuelles. Ce liquide se transforme par des apports de fluides expansibles de l'intérieur du globe lors des bouleversements périodiques de

VOYAGES
DANS LES ALPES,
 PRÉCÉDÉS
D'UN ESSAI
sur l'HISTOIRE NATURELLE
 DES ENVIRONS
DE GENÈVE,

Par HORACE-BÉNÉDICT DE SAUSSURE, Professeur de Philosophie dans l'Académie de Genève.

TOME PREMIER.



*Nec specter sua culque manet, rerumque nostrarum,
 Ex aliis altis reparat Natura figurat.*

Ovil.

A NEUCHÂTEL,
 CHEZ SAMUEL FAUCHE, IMPRIMEUR ET LIBRAIRE DU ROI.
 M. DCC. LXXIX.

Fig. 11. Page de titre de *Voyages dans les Alpes* de H.-B. de Saussure.

LETTRES
PHYSIQUES ET MORALES,
 SUR
L'HISTOIRE DE LA TERRE
 ET DE

L'HOMME.
 ADRESSEES A LA

REINE

DE LA

GRANDE BRETAGNE,

Par J. A. DE LUC, Citoyen de Genève, Lecteur de S. A. MAJESTÉ, Membre de la Société Royale de Londres & de la Société Batave, & Correspondant des Académies Royales des Sciences de Paris & de Montpellier.

TOME II.



— Jam rebus quisque relicti,
 Naturam primum studeat cognoscere rerum:
 Temporis æterni quoniam, non utius horæ,
 Ambigitur status....
 LUCR. L. III. v. 1084. & seq.



A LA HÂTE,
 CHEZ DE TUNNE, Libraire.
 M D C C L X X X

Fig. 12. Page de titre de *Lettres physiques et morales* ... de J.-A. De Luc.

la croûte terrestre, correspondants aux jours de la Genèse. Ces bouleversements sont des catastrophes tectoniques d'affaissements qui forment les chaînes telles que de Saussure les a décrites. La dernière catastrophe, très récente, forme les continents actuels, et seulement dès lors débutent les causes actuelles. Celles-ci sont inapplicables au passé qui est différent, et ne s'explique que par voie inductive, une idée fort intéressante pour la polémique de l'actualisme.

De Luc a observé que les corps marins varient d'une couche à l'autre et que de nombreuses formes s'éteignent. Il a entrevu la notion de fossiles caractéristiques. Comme les espèces changent avec les couches, il admet qu'elles se transforment après leur première création divine. Il s'agit d'un apport à la paléontologie de grand intérêt puisque cette idée transformiste aurait fortement influencé Cuvier.

Une génération après de Saussure, HANS CONRAD ESCHER VON DER LINTH (1767–1823) poursuit les études géologiques dans les Alpes. Il est d'une vieille famille zurichoise et, comme de Saussure, il joue un rôle politique important pendant la Révolution française; on l'appelle «der echte Patriot». Il dessine ou peint à l'aquarelle 900 panoramas entre 1780 et 1822 et se place en tête des illustrateurs des Alpes. D'autre part il s'occupe de travaux hydrologiques en rapport avec les inondations de la Linth. Pour ses services, Escher et ses descendants reçoivent le nom «von der Linth».

En 1795, il publie dans *Neues Bergmännisches Journal* à Freyberg une étude des Alpes: *Geognostische Nachrichten über die Alpen in Briefen aus Helvetien* (fig. 14) et donne la description d'un profil entre Zurich et le col du St-Gothard qui contient des observations fondamentales pour le progrès de la géologie alpine. Dans la vallée supérieure de la Linth, il observe des couches inversées (grauer Verrucano au-dessus de calcaires jurassiques). Il publie cette découverte dans *Leonhard's Taschenbuch für die gesamte Mineralogie* (1809), mais, probablement à la suite des critiques sévères de Leopold von Buch, il ne poursuit pas son interprétation de cette structure. C'est son fils Arnold qui continue l'étude de ce qui s'appellera plus tard le double pli de Glaris. Escher ose s'opposer, par contre, aux idées de von Buch sur la formation des grandes vallées alpines. Ce dernier les avait interprétées comme des vallées d'effondrement parallèles à la direction des montagnes adjacentes. Escher démontre que l'orientation du Valais, de Loèche à Martigny, ne suit pas la direction des roches dans les montagnes adjacentes; au contraire, la vallée intersecte cette direction à 30°–40°. Il conclut correctement que l'érosion des rivières est la cause principale de la formation des vallées alpines.

En ce qui concerne les blocs erratiques, *Beiträge zur Naturgeschichte der freiliegenden Felsblöcke in der Nähe des Alpen-Gebirges* (1822), il pense comme de Saussure que ces blocs avaient été transportés par des inondations catastrophiques depuis les hautes montagnes jusque dans les plaines.

C'est pendant plus de soixante ans que BERNARD STUDER (1794–1887) explore les Alpes et ajoute des documents précieux qui contribuent à faire de la Suisse une terre classique de la géologie.

Studer enseigne cette science à l'université de Berne jusqu'à l'âge de 79 ans et entreprend de nombreux voyages en Suisse et à l'étranger. C'est un homme cosmopolite qui ne fait pas de politique. Après son premier travail, *Beiträge zu einer Monographie der Molasse ...* (1825) qui contient un trésor d'observations sédimento-

LETTERS

SUR

L'HISTOIRE PHYSIQUE DE LA TERRE,

ADRESSÉES A M. LE PROFESSEUR

BLUMENBACH,

Renfermant de nouvelles Preuves géologiques et historiques de la Mission divine de MOÏSE.

Par J. A. DE LUC, Citoyen de Genève,

Membre de la Société Royale de Londres, et de la Société Batave, Professeur de Géologie dans l'Université de Gottingue.



A PARIS,

Chez Nyon, aîné, Libraire, rue du Jardinet.

AN VI (1798);

Fig. 13. Page de titre de *Lettres sur l'histoire physique ...* de J.-A. De Luc.

Grund vermuthen, daß diese ungewöhnliche Naturerscheinung in ältern Zeiten noch nicht existirt habe, und erst in späteren Jahrhunderten gebildet worden sey.

II.

Geognostische Nachrichten über die Alpen, in Briefen aus Helvetien.

Erster Brief.

(Profilreise von Zürich bis an den Gotthard.)

Ungeachtet der so häufigen Reisen, die seit einem Zeitpunkt von 29 Jahren in Helvetien und Savoyen gemacht worden, schränken sich doch die geognostischen Kenntnisse des Publicums von dem höchsten Gebirge unserer alten Welt immer noch auf sehr wenige ein, die wir besonders dem Herrn von Saussure, Storr, Besson und einigen andern zu danken haben. Schade nur, daß ersterer bey seinem übrigens vortreflichen Beobachtungsgeiste und sehr philosophischem Scharfsinne erst spät Gelegenheit gehabt hat, seine

Fig. 14. Page de titre de *Geognostische Nachrichten ...* de H.C. Escher von der Linth.

logiques d'avant-garde, il publie *Geologie der westlichen Schweizer Alpen* (1834) et *Die Gebirgsmasse von Davos* (1837).

Avec son ami et collaborateur ARNOLD ESCHER VON DER LINTH (1807-1872), il publie *Geologische Beschreibungen von Mittel-Bündten* (1839), et en 1853 la première carte géologique de la Suisse au 1:380 000. Dans son œuvre classique *Geologie der Schweiz* (1851-1853), Studer présente un texte explicatif de la carte. Dans la Préface, il remercie Arnold Escher d'avoir mis à sa disposition ses observations et sa recherche personnelle. Leur collaboration pendant tant d'années ne permet plus de distinguer ce qui appartient à l'un ou à l'autre. Un contemporain a écrit qu'il s'agissait en fait d'une collaboration à trois: Studer donnait les idées directrices et les vues d'ensemble, Escher fournissait les détails stratigraphiques et structuraux, et Peter Mérian de Bâle s'occupait de la paléontologie.

Dans les années suivantes Studer organise l'exécution d'une carte géologique au 1:100 000 sur la base de la topographie de Dufour avec la collaboration de Mérian, Escher, Desor, Alphonse Favre et de Loriol. C'est la fondation de la Commission Géologique Suisse le 20 mars 1860. La dernière feuille de la carte est publiée en 1887, l'année de la mort de Studer.

OSWALD HEER (1809-1883) est devenu fameux par son œuvre sur la flore tertiaire de la Suisse, *Flora tertiaria Helvetiae* (1855-1859) avec la description de 900 espèces, pour la plupart nouvelles, et 155 illustrations. Dans *Urwelt der Schweiz* (1865) il donne une description vivante de l'histoire géologique de la Suisse depuis le Primaire, illustrée par sept planches représentant les paysages anciens, devenues des classiques du genre. Heer tente de démontrer une évolution des fossiles pendant le Tertiaire aboutissant aux plantes et animaux actuels. Il croit à l'existence d'un continent, l'Atlantide, s'étendant au Miocène de la côte ouest de l'Europe à la côte est de l'Amérique, et de l'Islande aux Antilles. L'Europe, séparée de l'Asie, faisait partie de cet immense continent qui aurait été un centre de développement rapide des espèces. L'effondrement de l'Atlantide aurait coïncidé avec le soulèvement des Alpes. L'Europe serait alors devenue une presqu'île de l'Asie avec disparition de la faune américaine et apparition d'une faune asiatique.

Une autre œuvre fondamentale *Flora fossilis arctica* (1868-1883), en sept volumes, décrit une flore riche et variée du Tertiaire dans les régions circumpolaires de l'hémisphère nord. Dans *Flora fossilis Helvetiae* (1876), Heer étudie les plantes du Carbonifère au Crétacé avec leur contexte paléoécologique et paléogéographique. Il établit des zones climatiques anciennes, et confirme une diminution graduelle de la température moyenne pendant le Tertiaire.

Heer croit fermement à une unité de plan divin et à une évolution qui suit des lois immuables. La variation des espèces ne peut pas s'accomplir par des modifications lentes au cours d'innombrables générations, comme le pense Darwin, mais par des périodes de création pendant lesquelles les espèces sont soudainement capables de se transformer. Louis Agassiz aura les mêmes préoccupations métaphysiques.

Les conditions de consternation générale provoquées par le discours d'ouverture de LOUIS AGASSIZ (1807-1873) le 24 juillet 1837 à la réunion annuelle de la Société Helvétique des Sciences Naturelles à Neuchâtel sont bien connues. Au lieu de traiter des poissons fossiles, Agassiz présente le concept d'un âge glaciaire quaternaire. Ce *Discours de Neuchâtel* est le point de départ d'une activité débordante d'Agassiz et

de ses collaborateurs à l'Hôtel des Neuchâtelois sur le glacier inférieur de l'Aar et se termine par ses *Etudes sur les glaciers* publiées en 1840 (fig. 15).

Certainement moins bien connue est sa carrière aux Etats-Unis. Il arrive en 1846 et démontre par sa fameuse monographie *Lake Superior* publiée en 1848 (fig. 16) et par d'autres travaux dans les White Mountains et au Vermont, que l'Amérique du Nord a subi non seulement une glaciation contemporaine de celle de l'Europe, mais atteignant même une plus grande échelle. Cependant, Agassiz ne fait aucun effort pour convaincre les géologues américains de la véracité de ses idées. Il a des projets beaucoup plus grandioses: il veut devenir, et devient en fait, l'interprète populaire et le présentateur de l'histoire naturelle au peuple américain au moyen d'innombrables conférences et d'articles de vulgarisation. Son succès apparaît sans limite jusqu'en 1859 lorsque la publication de «L'origine des espèces par sélection naturelle» de Darwin le force à prendre position.

La philosophie évolutionniste étant entièrement opposée au créationisme d'Agassiz, sa réaction frénétique le laisse physiquement amoindri et intellectuellement désespéré. Agassiz prétend que s'il peut démontrer que la période glaciaire s'était aussi étendue aux zones équatoriales, elle aurait pu interrompre, à l'échelle globale, toute relation génétique entre vie passée et vie récente, prouvant ainsi l'impossibilité d'une transmutation des espèces. Cette idée qui représente une des aberrations scientifiques les plus extraordinaires dans l'histoire des sciences, est la raison profonde de son expédition au Brésil (1865-1866), l'Amérique du Sud étant le meilleur exemple pour sa démonstration, et pendant laquelle il découvre les soi-disant preuves de l'existence d'une glaciation quaternaire s'étendant de Rio de Janeiro à l'Amazonie. Dans la baie de Rio, les sols latéritiques deviennent des moraines de fond, les dômes granitiques en pain de sucre des roches moutonnées, les masses de granite en exfoliation des blocs erratiques. En Amazonie, il interprète les sédiments fluviaux tertiaires et quaternaires (fig. 17) comme des dépôts sous-glaciaires soutenus par une gigantesque moraine frontale à Belém aujourd'hui détruite par les courants littoraux, les masses de serpentine intrusives dans les schistes dévonien près de Manaus et en voie de desquamation sont également interprétés comme des blocs erratiques, etc.

Les savants anglais et américains sont consternés en entendant les affirmations d'Agassiz qui contredisent toutes les autres données. C'est le dernier effort de son opposition à la théorie de l'évolution. Il n'a jamais retracté de façon formelle son idée d'une glaciation amazonienne, mais lors d'une croisière en 1871 à la Terre de Feu, il décrit avec étonnement des dépôts glaciaires quaternaires ayant atteint 37° de latitude sud de manière symétrique par rapport aux calottes glaciaires de l'hémisphère nord. Par ce fait il renonce implicitement à son idée d'une glaciation équatoriale, l'aberration finale d'une carrière par ailleurs extraordinairement féconde en biologie et en géologie.

Etudiant la médecine à Strasbourg, le jeune AMANZ GRESSLY (1814-1865) rencontre Philippe Louis Votz et Jules Thurmann qui l'encouragent à devenir géologue. Louis Agassiz, après avoir lu son travail «Observations géologiques sur le Jura Soleurois» (1838) et vu sa collection de fossiles, l'engage comme premier assistant au Musée de Neuchâtel en 1839. Agassiz va profiter largement, peut-être trop, de toutes les qualités de cette personnalité instable jusqu'à sa mort tragique.

LAKE SUPERIOR:

ITS

PHYSICAL CHARACTER, VEGETATION, AND ANIMALS,

COMPARED WITH THOSE OF OTHER AND SIMILAR REGIONS.

BY

LOUIS AGASSIZ.

WITH A NARRATIVE OF THE TOUR.

BY

J. ELLIOT CABOT.



AND

CONTRIBUTIONS BY OTHER SCIENTIFIC GENTLEMEN.

ELEGANTLY ILLUSTRATED.

BOSTON:

GOULD, KENDALL AND LINCOLN,
69 WASHINGTON STREET.

1850.

Études
SUR
GLACIERS
PAR
L. AGASSIZ



Dessinés d'après nature

et Lithographiés

par
J. B. BETTANNER

1840

à la Lithographie
de
H. NICOLET
AMÉRICAIN
Suissé

Fig. 15. Page de titre de *Études sur les glaciers* de L. Agassiz.

Fig. 16. Page de titre de *Lake Superior* de L. Agassiz.

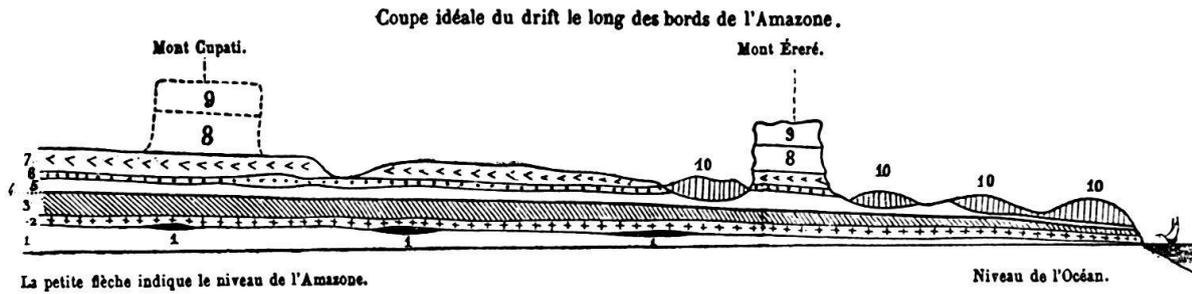


FIG. 2. — Ideal section of the "Pleistocene Amazonian drift"
by L. Agassiz and J. M. da Silva Coutinho (1868, *Bull. Soc. Géol. France*).

Lower Formation

1. Coarse sandstone and sand
2. Plastic variegated clay
3. Finely bedded clay with plant remains
4. Very hard crust of sandy clay

Middle Formation

5. Regularly stratified to massive red sandstone
6. Vuggy red sandstone with irregular pockets of clay
- 7-9. Red sandstones with torrential stratification

Upper Formation

10. Reddish to brown, massive sandy clay with pebbles and erratic boulders

Fig. 17. Coupe idéale des dépôts de la glaciation de l'Amazonie par L. Agassiz (in: A. V. CAROZZI 1974).

Gressly a écrit assez peu, mais sa notion de faciès ou aspects de terrain le place parmi les pionniers de la paléogéographie. Vingt-trois ans avant d'avoir vu la mer, Gressly établit des lois pour décrire des zones faunistiques et sédimentologiques contemporaines dans la série stratigraphique du Jura (fig. 18). Il rencontre des modifications paléontologiques et pétrographiques si variées qu'il décide qu'au lieu de coupes verticales, il va étudier chaque terrain dans son étendue horizontale pour rencontrer toutes les modifications possibles. En conclusion, il formule les lois suivantes: 1. «Que chaque faciès d'un terrain quelconque présente des caractères, soit pétrographiques et géognostiques, soit paléontologiques propres, bien distincts, qui sont en opposition directe avec les caractères qu'on suppose généralement au terrain et avec les caractères des autres faciès du même niveau géologique.» 2. «Les faciès de même nature pétrographique et géognostique affectent, dans les différents terrains, des caractères paléontologiques très analogues et se succèdent même généralement à travers une série plus ou moins nombreuse de terrains superposés les uns aux autres.» Ce n'est qu'en 1859 que Gressly eut la grande joie de vérifier ces lois dans la nature actuelle, aux environs de Sète, le long des côtes plates et des côtes rocheuses et dans la baie de Kiel. Il est intéressant de noter que la notion fondamentale de faciès a été établie à partir de formations anciennes contrairement au principe de l'actualisme, et que Gressly était conscient de l'importance de sa découverte (WEGMANN 1963).

ALPHONSE FAVRE (1815-1890) publie en 1843 une monographie du Salève et en 1862 une carte géologique du massif du Mont-Blanc et des régions limitrophes. En

1867, il écrit «Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont Blanc», en trois volumes. «La description géologique du canton de Genève» paraît en 1879.

Dans un essai présenté au Congrès Géologique International de Paris de 1878, il expose ses reproductions expérimentales de plis déversés et couchés par compression latérale (fig. 19). Dans ses expériences, il étend une couche d'argile molle sur une bande de caoutchouc tendre. En laissant retourner la bande élastique lentement et graduellement à sa première dimension, l'argile est comprimée et l'on voit apparaître à sa surface et sur ses côtés des structures semblables à celles observées dans les Alpes, le Jura, les Appalaches. Ces expériences sont ensuite photographiées. C'est le début de la géologie expérimentale.

Or la même année, Gabriel Auguste Daubrée envoie à l'Académie des Sciences de Paris le résultat de ses expériences. Il utilise une boîte de fer rectangulaire contenant le matériel sous pression verticale et horizontale et plusieurs genres de plaques de métal, des toiles cirées, de l'argile, de la résine ou de la térébentine. En variant les conditions d'intensité et de direction de la pression et le type de matériel soumis à la déformation, Daubrée obtient des types de plissements et de déformations plus variés que ceux de Favre. De ce fait, Daubrée a éclipsé en partie ce dernier comme le fondateur de la géologie expérimentale.

ALBERT HEIM (1849-1937) est le successeur d'Arnold Escher von der Linth à l'Ecole Polytechnique et à l'Université de Zurich où son enseignement est fort apprécié. Dans son ouvrage *Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildungen im Anschluss an die geologische Monographie der Tödi-Windgällengruppe* (1878), il donne non seulement une description détaillée du fameux double pli de Glaris - étudié avant lui par Conrad et Arnold Escher - mais également un traitement général des structures alpines et de la dynamique des plissements qui fera autorité pendant longtemps. Il est cependant ironique de constater que l'interprétation correcte du double pli de Glaris comme une nappe simple charriée vers le nord sera faite par Marcel Bertrand en 1884 sur la base du travail de Heim.

Ses publications se succèdent rapidement: *Handbuch der Gletscherkunde* (1885); *Die Dislokationen der Erdrinde* avec Emmanuel de Margerie (1888), un ouvrage fondamental sur la cinématique des nappes et un des premiers dictionnaires tectoniques; *Geologie der Alpen zwischen Reuss und Rhein* (1891); et la *carte géologique de la Suisse au 1:500 000* avec Karl Schmidt (1894). Mais Heim reste longtemps opposé à l'interprétation de Marcel Bertrand et l'ignore pratiquement dans sa monographie de 1891. Après la visite sur le terrain de Eduard Suess en 1892 et les travaux de Hans Schardt en 1893, il se rend peu à peu à l'évidence. Il accepte finalement la notion de nappes à l'occasion de la fameuse conférence à Paris de Maurice Lugeon en 1902.

Heim continue à produire cartes et monographies: *Geologie des Säntisgebirges* avec carte (1905), *carte des Alpes de Glaris*, mais sa santé se détériore et il se retire de l'université pour devenir président de la Commission Géologique Suisse, poste qu'il occupera jusqu'en 1926. Entre 1916 et 1922 il publie son œuvre monumentale *Geologie der Schweiz*, synthèse des nappes alpines avec discussion des déformations géosynclinales et calculs du raccourcissement lié à l'orogénèse alpine, ouvrage qui le place en tête des grands géologues suisses. Un défenseur acharné de la théorie de la

contraction, Heim accepte finalement en 1928 le mobilisme de Wegener, la démonstration finale d'un esprit alerte et puissant comme l'a écrit Rudolf Staub.

Pour finir je vous présente un auteur inconnu HEINRICH WETTSTEIN (1831-1895), maître secondaire à Künsnacht (fig. 20), Heidingen et finalement Zurich, que ses contemporains ont reconnu comme pédagogue d'avant-garde et auteur de nombreux manuels scolaires. Dr *honoris causa* de l'Université de Zurich, il publie en 1880 à Zurich un ouvrage intitulé: *Die Strömungen des Festen, Flüssigen und Gasförmigen und ihre Bedeutung für Geologie, Astronomie, Klimatologie und Meteorologie* (fig. 21) qui le place parmi les plus importants précurseurs de la dérive des continents et du mobilisme à grande échelle. L'ouvrage est rare et peu connu, peut-être du fait de son titre étrange, et ne contient pratiquement aucune bibliographie sauf une référence à Albert Heim et à Dana.

L'origine des idées de Wettstein reste inconnue, elles paraissent jusqu'à plus ample informé originales.

Voici un résumé de sa théorie: La force de gravitation du soleil provoque sur un corps terrestre libre, placé à l'équateur, un mouvement opposé à celui de la rotation

— 35 —

voisinage de Montreuilon et de l'Huis-Ceuillot. Ces lambeaux sont, en général, très allongés suivant les directions 17° ou 158°.

M. LE PRÉSIDENT. La parole est à M. A. Favre.

EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DES REFOULEMENTS OU ÉCRASEMENTS LATÉRAUX EN GÉOLOGIE.

M. A. FAVRE (Suisse). Les montagnes composées de roches cristallines ont bien certainement une origine différente des montagnes formées de terrains sédimentaires. Les expériences dont j'ai l'honneur, Messieurs, de vous exposer les résultats, sont uniquement relatives à ces dernières.

Lorsqu'on croyait que les eaux de la mer s'étaient élevées au-dessus du niveau des montagnes qui contiennent des fossiles marins, on ne faisait pas d'hypothèses sur la formation des montagnes; mais, depuis que cette idée a été abandonnée, il en est surgi de nouvelles sur ce sujet. On peut les diviser en trois théories, d'après la direction des forces qui auraient agi: 1° de bas en haut; 2° de haut en bas, et 3° horizontalement.

La première, celle du soulèvement, remonte à une très haute antiquité; elle est maintenant abandonnée.

La seconde, celle de l'affaissement, a été soutenue en Suisse par J.-A. Deluc. Il pensait que les montagnes sont des parties solides de la surface de la terre qui ont résisté à un affaissement général; elle compte encore quelques adhérents.

La troisième, celle du refoulement, a été énoncée pour la première fois en 1795, par H.-B. de Saussure; en la développant, Elie de Beaumont l'a désignée sous le nom d'écrasement latéral.

Suivant cette dernière manière de voir, la force puissante qui agit sur le sol pour former les montagnes proviendrait de ce que la terre se refroidit. L'action du soleil aurait maintenu l'écorce du globe à une température à peu près invariable, depuis l'époque où les êtres organisés se sont montrés pour la première fois. Au contraire, la température de la masse intérieure du globe s'abaissant, celle-ci se contracterait, diminuerait de volume, et l'écorce de la terre, tendant toujours à reposer sur le noyau intérieur, serait forcée de se plisser, de se rider, de se disloquer, et il en résulterait des dénivellations.

Pour rechercher si l'expérience vient à l'appui de ces idées théoriques, j'ai essayé de refouler des bandes d'argile plastique de la manière suivante. Une bande d'un épais caoutchouc, ayant 12 centimètres de largeur et 40 centimètres de longueur, est étirée jusqu'à 60 centimètres; la bande d'argile molle, ayant de 2 à 6 centimètres d'épaisseur, est étendue sur elle, en y adhérant autant que possible; elle est quelquefois composée de couches superposées, mais le plus souvent ce qui paraît être des couches dans les figures ci-jointes, n'est qu'une apparence de stratification, produite à l'extérieur par des traits dessinés horizontalement avant le rétrécissement. Sur chaque extrémité du caoutchouc est fixée une forte planchette, contre laquelle l'argile s'appuie. En laissant le caoutchouc revenir peu à peu et lentement à sa dimension primitive (40 centi-

3.

Fig. 19. Page de titre de *Expériences sur les effets des refoulements ou écrasements latéraux en géologie* de A. Favre.

Die Strömungen
 des
Festen, Flüssigen und Gasförmigen

und ihre Bedeutung für
 Geologie, Astronomie, Klimatologie und
 Meteorologie.

Von
Dr. H. Wettstein,
 Seminardirektor in Künäacht.

Mit 29 Holzschnitten und 25 Karten.



ZÜRICH
 VERLAG VON J. WURSTER & CIE.
 1880.



H. Wettstein.

Fig. 20. Portrait de H. Wettstein (d'après UTZINGER 1895).

Fig. 21. Page de titre de *Die Strömungen des Festen ...* de H. Wettstein.

terrestre, c'est-à-dire de l'est vers l'ouest de l'ordre de 0,40 cm/sec. Ce mouvement rétrograde diminue d'intensité vers les pôles et sa valeur moyenne est de 0,26 cm/sec. Cette dernière valeur diminue aussi vers le centre de la terre et seuls les corps localisés à la surface du globe ou à faible profondeur (maximum de 10 km) peuvent être affectés. Le mouvement de l'est à l'ouest des courants océaniques et des vents à l'équateur prouve l'existence de cette force en dépit des phénomènes de friction qui affectent l'air et l'eau. Ce mouvement rétrograde présente une variation périodique du fait de la forme elliptique de l'orbite terrestre et de l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre par rapport au plan de l'écliptique, ce qui donne lieu à deux maxima et deux minima pendant la durée d'une révolution annuelle de la terre.

L'application de cette force de translation horizontale aux corps solides et en particulier aux masses continentales avec leurs chaînes de montagnes plissées et chevauchées, leurs tremblements de terre et leur volcanisme se pose pour Wettstein de la façon suivante: «Peut-on trouver dans les masses solides de la terre des conditions de mobilité telles que la gravitation solaire puisse engendrer leur déplacement de l'est à l'ouest semblable à celui des eaux océaniques et des vents à l'équateur?»

Wettstein pense que les mouvements horizontaux dans les roches solides sont une réalité, ils ont lieu dans des matériaux solides et cassants avec grande lenteur et avec des résultats structuraux spectaculaires dans le plan horizontal et le plan vertical. Albert Heim (*Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung ...* 1878) considère, sur la base des plissements dans les Alpes suisses, un déplacement horizontal de 120 km, et pour les autres chaînes qui se trouvent sur le méridien des Alpes centrales, de l'Atlas à la Scandinavie, il admet le double, ce qui fait un total de 360 km de mouvement horizontal, soit environ 0,9% de la circonférence terrestre. Comme l'on connaît, dit Wettstein, d'autres plissements bien plus anciens et tout aussi importants, il n'est pas question d'invoquer la théorie de la contraction ou du refroidissement de la terre, il faut au contraire admettre une force agissant de manière continue sur la terre depuis sa formation.

Le mécanisme de dislocation par translation horizontale peut être démontré de manière simple en schématisant les idées de Wettstein (fig.22). Il considère le remplissage d'un bassin sédimentaire comme un corps lenticulaire d'une épaisseur maximale de 4 km reposant sur un substratum rigide de composition non spécifiée. A la base de l'épaisseur maximale, la pression de surcharge, la température de plus de 100 °C et la présence d'eau sont capables de transformer le matériel sédimentaire en une masse plastique qui s'approche de l'état liquide. Ce nouvel état physique affecte aussi par fusion la partie supérieure du substratum et ces conditions permettent un mouvement de masse de la couverture sédimentaire. La partie centrale se soulève en un vaste pli comme une onde de déformation et la masse lenticulaire tout en se plissant se raccourcit par déplacement de l'extrémité A (fig.22). Le déplacement latéral de l'ensemble devient possible lorsque durant le passage de la prochaine onde de déformation l'extrémité opposée B de la lentille (fig.22) peut à son tour se détacher du substratum et ainsi de suite pour produire le déplacement par reptation de l'est vers l'ouest du matériel sédimentaire sur son substratum rigide.

Le déplacement de la couverture selon les dessins de Wettstein lui-même (fig.23) suit les irrégularités de la surface supérieure du substratum en produisant des

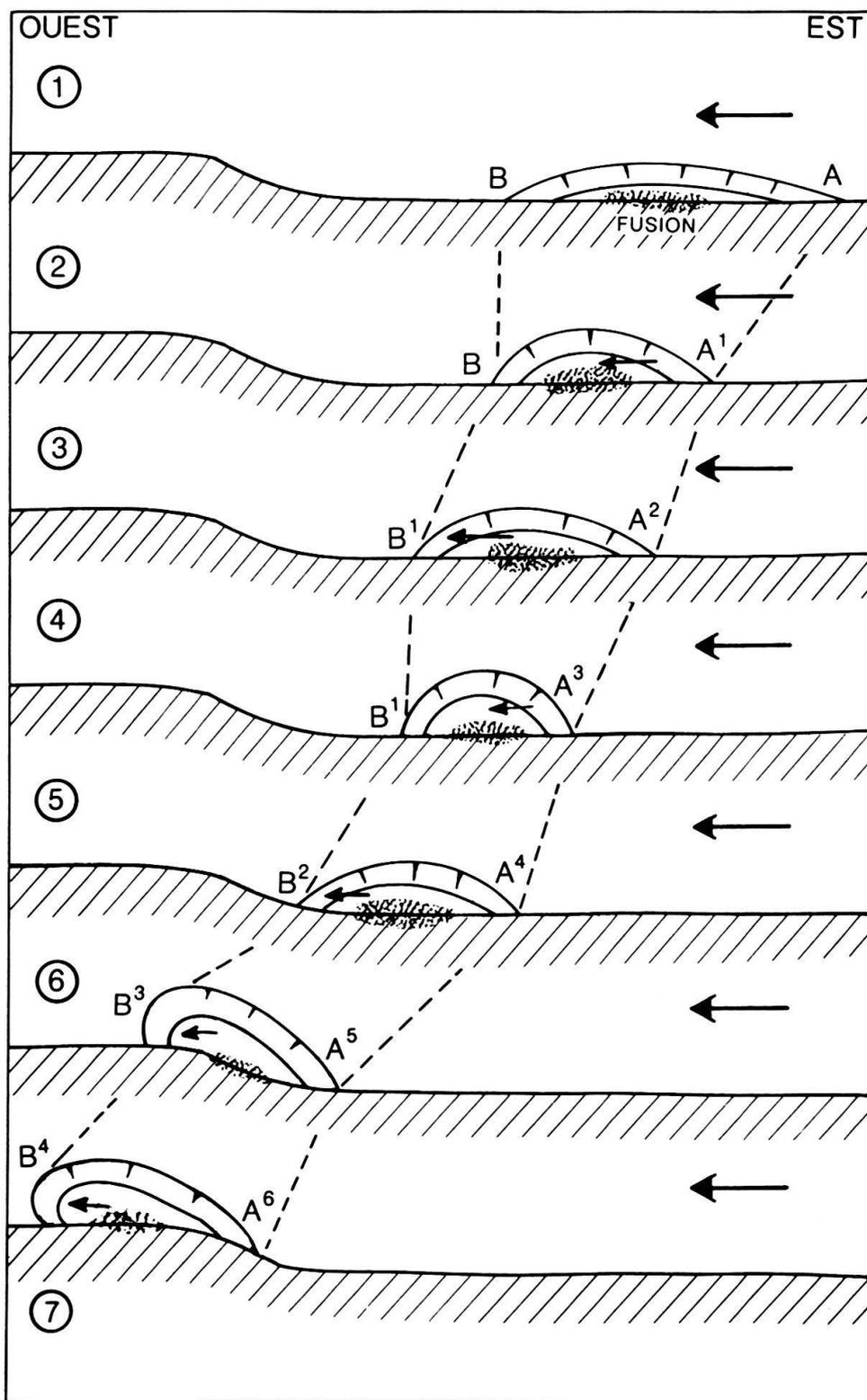


Fig. 22. Essai d'interprétation des idées de Wettstein montrant les étapes de déplacement de l'est vers l'ouest d'un remplissage de bassin sédimentaire par fusion à la base et reptation, suivi de la formation d'une grande chaîne de montagnes par affrontement et chevauchement d'un obstacle du substratum rigide.

soulevements et les abaissements, dans le cas d'un obstacle important, la migration latérale s'arrête temporairement, en particulier à la base de la série en mouvement, et une chaîne de montagne d'importance majeure se forme. La partie supérieure de la série sédimentaire peut continuer à glisser différentiellement conduisant à des disharmonies structurales avec surfaces de charriage entre les deux zones, ces dernières se comportent comme des étages structuraux distincts. Comme l'effet de la gravitation solaire est directement proportionnel à la masse affectée, les séries sédimentaires épaisses se déplacent plus facilement que les séries minces.

Ainsi Wettstein considère les blocs continentaux comme des ensembles épais de couches sédimentaires glissant de manière différentielle les uns sur les autres, mais

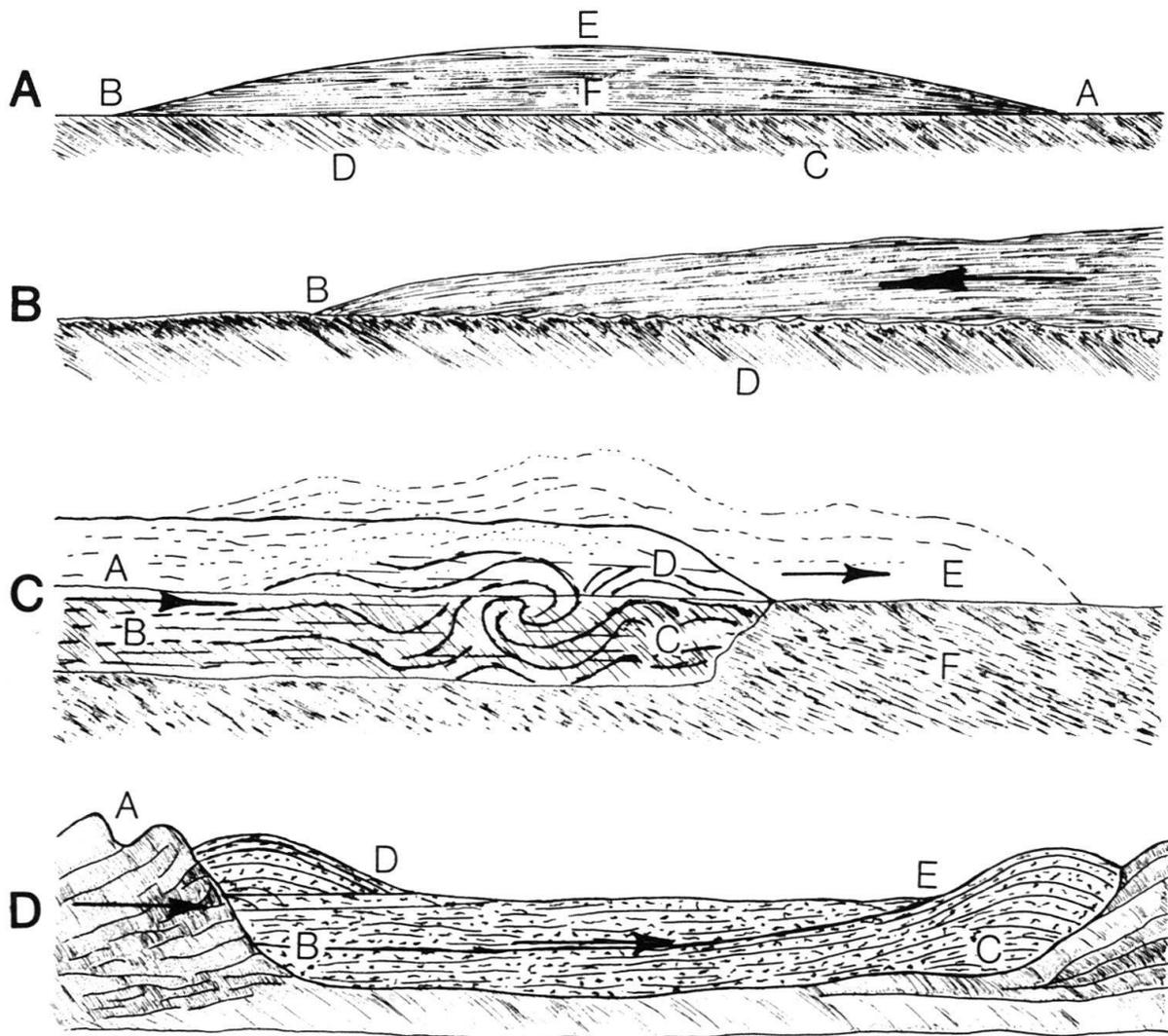


Fig.23. Reproduction des figures originales de Wettstein. A (sa figure 3, B sa figure 4): Déplacement horizontal d'un remplissage d'un bassin sédimentaire. C (sa figure 5): Formation d'une chaîne de montagnes avec plissements internes par affrontement et chevauchement d'un obstacle du substratum rigide. D (sa figure 10): Coupe transversale du front des Hautes Alpes Calcaires (A) jusqu'au Jura. La poussée horizontale qui a commencé avant le dépôt de la Molasse a déplacé les séries mésozoïques le long de la surface du substratum (BC) formant le Jura à partir de E contre l'obstacle des Vosges-Forêt-Noire. Le mouvement horizontal s'est poursuivi après le dépôt de la Molasse engendrant le soulèvement de sa partie péri-alpine D.

avec le mouvement majeur le long de la zone de fusion au contact avec le substratum rigide. Si le mouvement le long de la surface de fusion est uniforme, les roches sédimentaires fondues gardent leur stratification originale et deviennent des roches métamorphiques (gneiss); si la surface du substratum présente un obstacle important, la chaîne de montagne qui va lui correspondre montre une fusion plus grande du matériel, celui-ci est injecté dans les fractures comme roches intrusives d'où l'existence de transitions entre gneiss et granite. En cas de fusion totale, un volcanisme actif se produit accompagné de tremblements de terre, les deux phénomènes étant interprétés comme les effets directs de la masse en mouvement essayant de surmonter l'obstacle. L'étude des Alpes montre bien les effets d'un glissement généralisé avec un axe de symétrie central (fig.24) en interprétant les massifs anciens comme des détails de cette compression et non comme des obstacles du substratum. En réalité, les obstacles sont plus au nord dans les Vosges et la Forêt-Noire avec le Jura comme leur premier effet direct. Si le Jura ne s'était pas formé, les rivières et les lacs du Plateau suisse seraient aussi symétriques (fig.24).

L'étude de la forme des continents montre pour Wettstein la répétition de formes semblables engendrées par le mouvement général de l'est vers l'ouest modifié localement par les obstacles du substratum qui donnent lieu aux chaînes de montagnes. Ce mouvement est également influencé par la force de Coriolis qui tend à déflécter le déplacement général des continents dans la direction du pôle de chaque hémisphère. On peut citer comme exemples (fig.25), écrit Wettstein, les identités de formes entre l'Italie et la Nouvelle-Zélande, la mer Caspienne et le Golfo Dulce (Costa Rica), la similitude entre Halmahera, Célèbes et Bornéo attribuable à un soulèvement graduel. La similitude entre les formes de l'Afrique, l'Amérique du Sud et l'Australie est frappante (fig.26). Les trois continents sont massifs, peu subdivisés, chacun présente un golfe à l'ouest de leur pointe (golfe de Bénin, golfe d'Arica et golfe australien), chacun de ces continents montre aussi un golfe le long de la côte nord (Syrte, golfe de Vénézuëla et golfe de Carpentaria), la similitude des extrémités orientales (cap Guardafui, cap S.Roque) est frappante, mais manque en Australie. La côte septentrionale de ces trois continents présente aussi des similitudes, elle est très étendue en Australie (cap York à N.W. cap), moins en Afrique (Suez à Tarifa) et encore moins en Amérique du Sud (cap Paria à Panama). D'après Wettstein, on peut voir de manière générale l'Amérique du Sud bloquée dans sa dérive vers l'ouest par l'obstacle des Andes, l'Afrique en pleine dérive avec la moitié nord en voie de séparation de la moitié sud, la première se joindra à l'Amérique du Nord, et la seconde à l'Amérique du Sud, mais avant ces jonctions l'Australie qui montre la plus forte dérive vers l'ouest se sera soudée à l'Afrique du Sud et le résultat final sera une configuration complètement différente des continents.

La comparaison entre le bloc Europe-Asie et l'Amérique du Nord (fig.27) montre également pour Wettstein des similitudes frappantes. On peut comparer le complexe Alpes-Himalaya avec les Montagnes Rocheuses et les chaînes asiatiques bordières avec les Appalaches. Même les deux côtes orientales se ressemblent de la manière suivante: Groenland = Kamchatka, Détroit de Davis = mer d'Okhotsk, Labrador = Manchourie, Terre Neuve = Japon, Nova Scotia = Corée, et sud-ouest des Etats Unis = Chine.

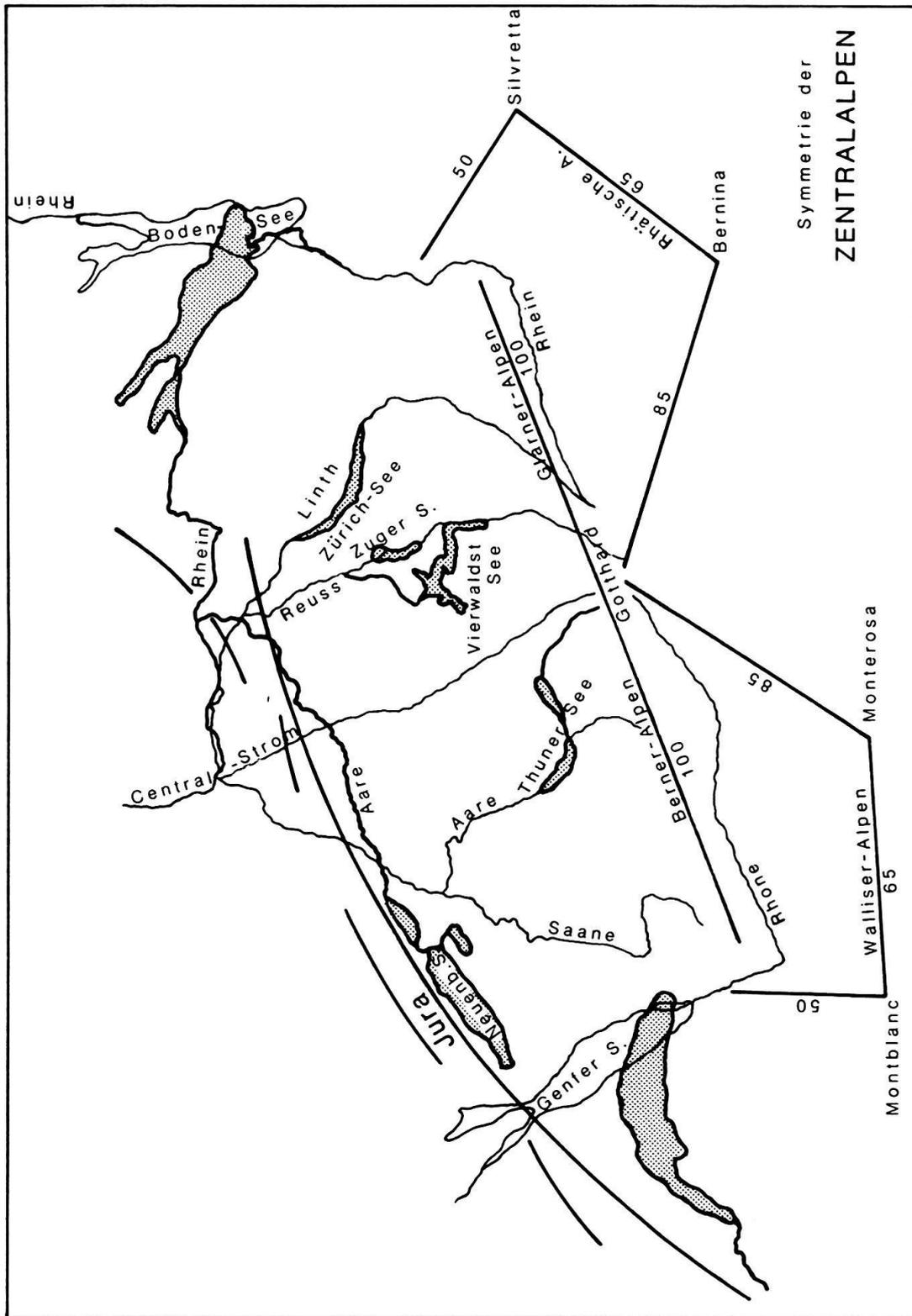


Fig. 24. Symétrie des Alpes et relation entre le drainage ancien et le drainage actuel (sa planche II simplifiée).

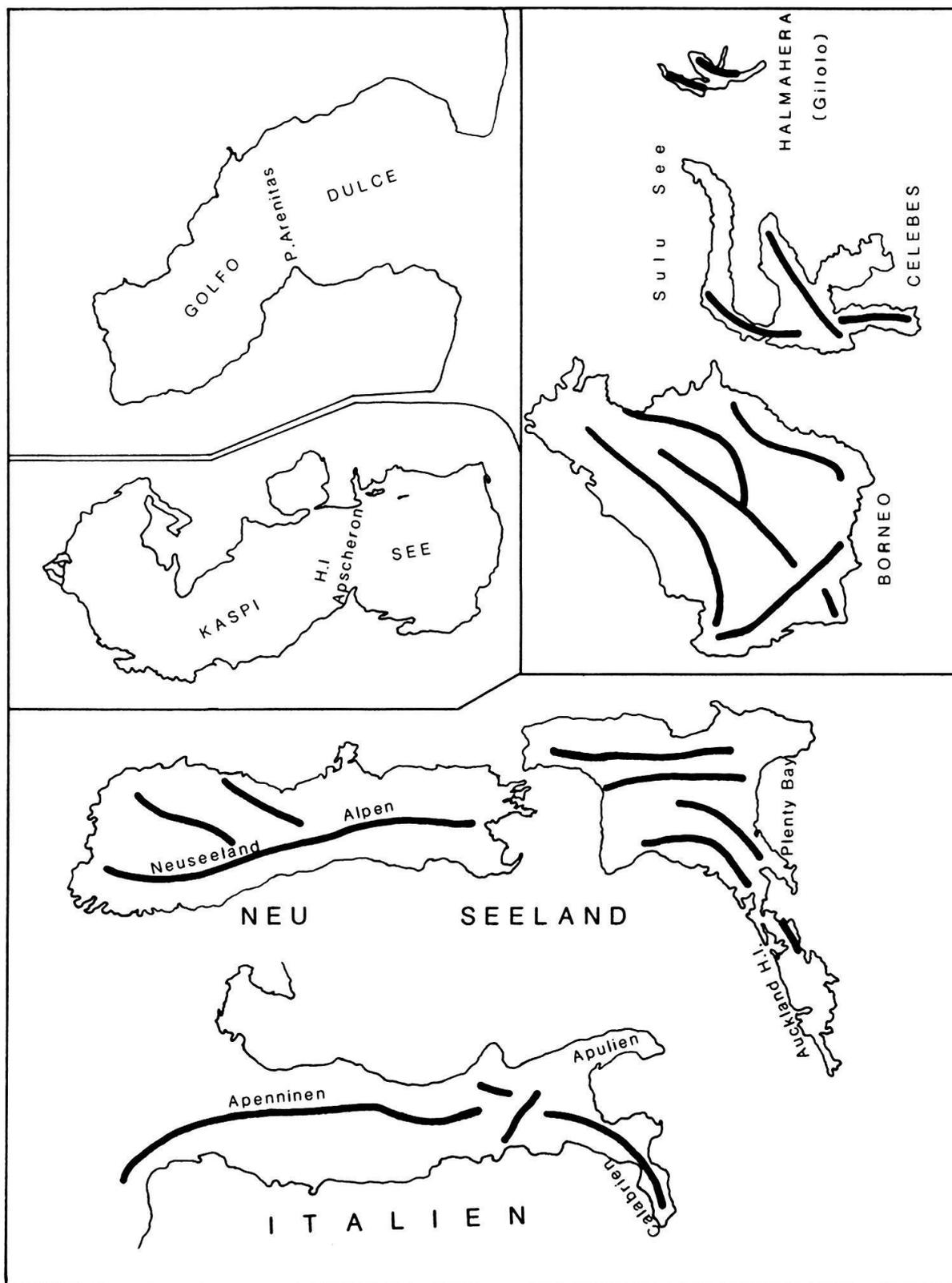


Fig. 25. Homologies géographiques et structurales entre l'Italie et la Nouvelle-Zélande et en Indonésie (sa planche III simplifiée).

En fait, dans sa reconstruction la plus extraordinaire (fig. 28), Wettstein montre l'Amérique du Nord en dérive vers l'ouest, bloquée par l'obstacle des Montagnes Rocheuses et pouvant s'interpréter comme une Europe-Asie déformée et soumise à une rotation au moyen de laquelle les péninsules d'Arabie, des Indes et d'Indochine se sont respectivement transformées en Honduras, Yucatan et Florida avec étirement des archipels d'Indonésie et des Philippines qui sont devenus les Antilles et les Bahamas.

Il convient de rappeler, écrit Wettstein, que si les obstacles locaux de la surface du substratum rigide donnent lieu aux chaînes de montagnes avec leurs volcans et tremblements de terre, ces dernières sont en réalité des phénomènes temporaires, le processus principal est le mouvement horizontal différentiel qui sépare les continents en segments soulevés ou abaissés (fig. 29) qui se déplacent vers l'ouest avec des vitesses différentes et en changeant complètement la face de la terre.

Au moyen de ce mobilisme à l'échelle globale, Wettstein comprend facilement qu'une série géologique d'un continent puisse montrer la superposition de couches contenant des fossiles qui montrent des climats anciens différents car les dérives des continents recoupent obliquement les latitudes et tendent à être défectées vers les pôles. D'après Wettstein la dispersion des faunes et flores continentales anciennes indique des contacts entre les Indes, l'Australie, l'Afrique et Madagascar avant leur

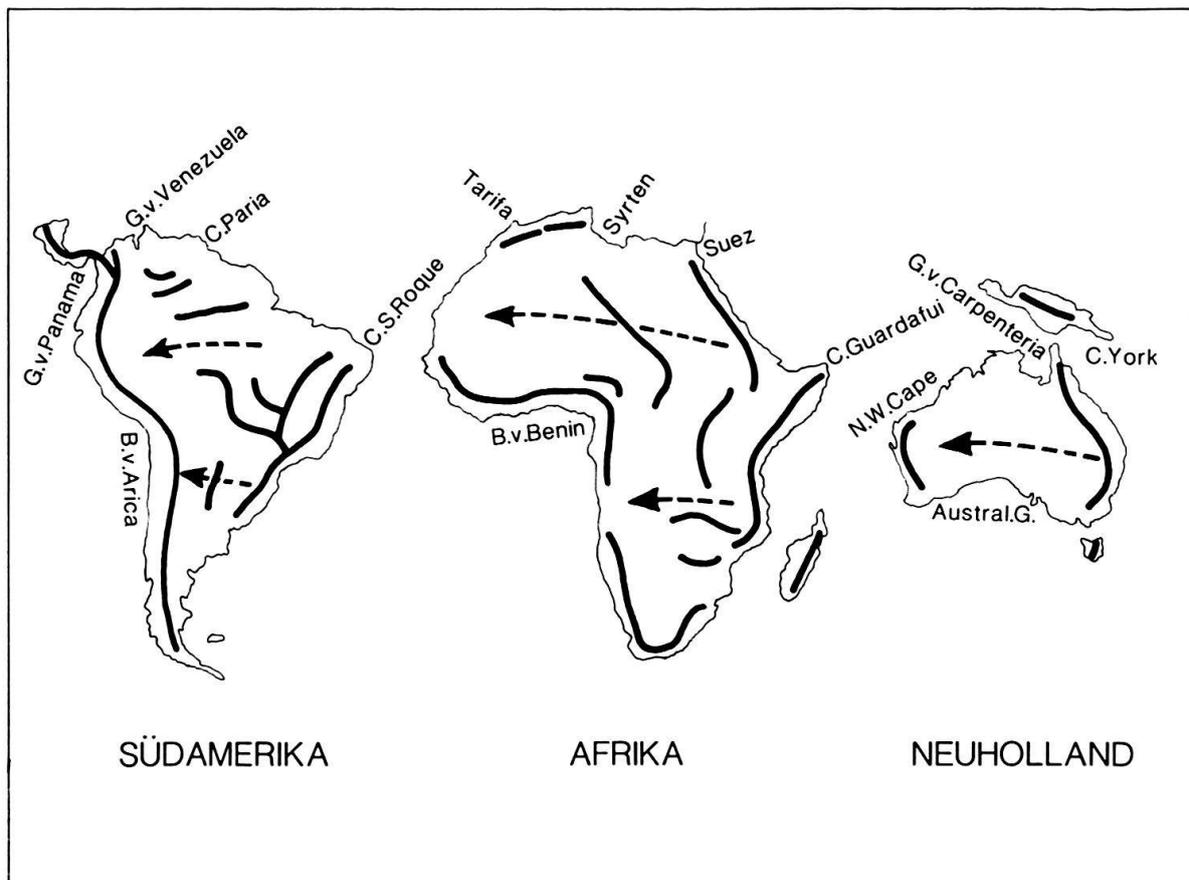


Fig. 26. Homologies géographiques et structurales entre l'Amérique du Sud, l'Afrique et l'Australie (sa planche IV simplifiée avec interprétation des mouvements horizontaux).

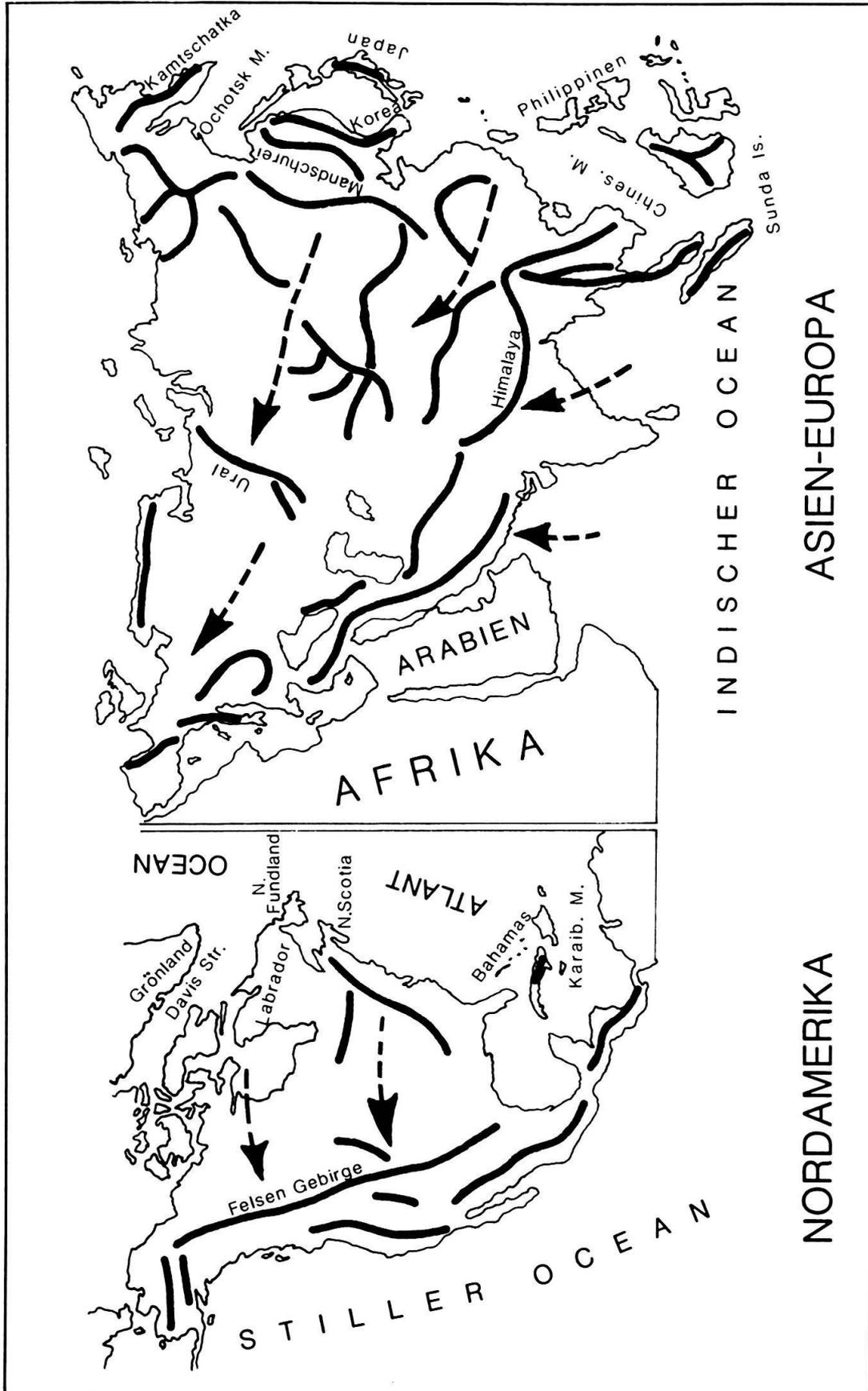


Fig.27. Homologies géographiques et structurales entre l'Amérique du Nord et l'Eurasie (sa planche V simplifiée avec interprétation des mouvements horizontaux).

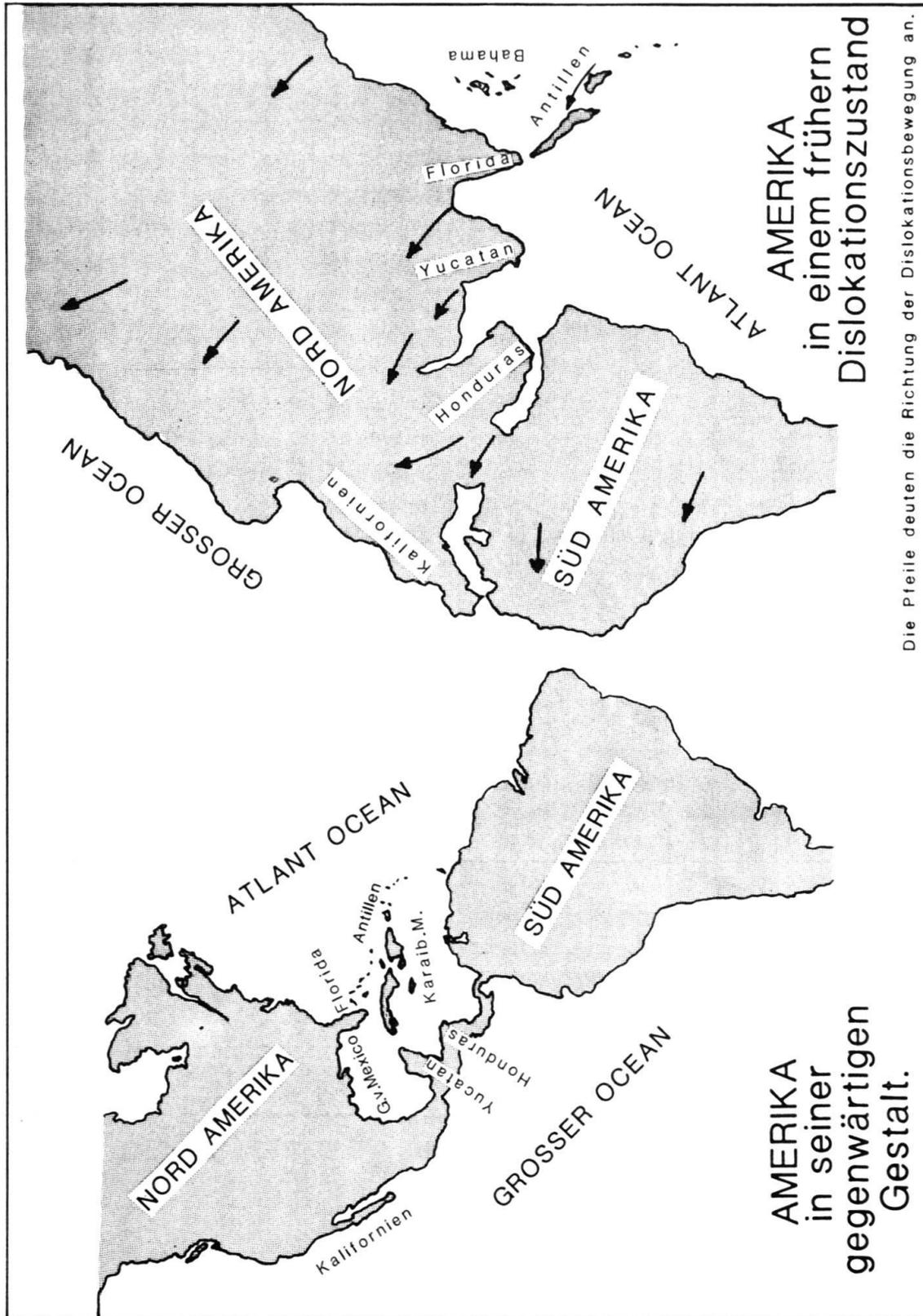


Fig. 28. L'Amérique du Nord formée par rotation et déformation à partir d'une configuration eurasiatique (reproduction exacte de sa planche VI).

séparation complète. Les systèmes de courants océaniques ont également dispersé de manière différente les organismes marins anciens sans parler des migrations des oiseaux qui par augmentation graduelle des distances entre continents sont devenues des phénomènes spectaculaires et presque incompréhensibles par rapport à la distribution présente des continents. L'effet unificateur de la force de gravitation du soleil explique toute l'évolution de la terre et en particulier le mobilisme global des continents.

Il reste à souligner, encore une fois, le grand intérêt de la vision mobiliste de Wettstein qui, basée sur un principe démontré depuis lors mathématiquement comme un facteur négligeable, implique des dérives, des rotations et des déformations continentales encore plus grandioses que celles postulées par la théorie de Wegener. En fait, elles ressemblent à nos idées modernes sur les dérives qui ont précédé la Pangée pendant le Paléozoïque. Wegener a placé Wettstein parmi ses précurseurs tout en se moquant du caractère fantaisiste de ses idées. Rappelons que l'on a par la suite reproché à Wegener la nature fallacieuse des forces qu'il invoquait comme moteur de ses dérives. Mais ainsi progresse la science, de fantaisie en fantaisie.

BIBLIOGRAPHIE

- CAROZZI, A. V. (1974): Agassiz's influence on geological thinking in the Americas. – Arch. Sci. Genève 27, 5-38.
- (1976): Horace-Bénédict de Saussure: Geologist or Educational Reformer? – J. Geol. Education 24, 46-49.
- CAROZZI, M. (1983): Voltaire's Attitude toward Geology. – Arch. Sci. Genève 36 (à paraître).
- ELLENBERGER, F., & GOHAU, G. (1980): Jean-André De Luc (1727-1817) et l'aurore de la stratigraphie paléontologique. – Trav. Com. franç. hist. géol. (COFRHIGEO) 32, 1-9.
- UTZINGER, H. (1895): Seminardirektor Dr. Heinrich Wettstein. – Schweiz. Pädagogische Z. 5, 69-88.
- WEGMANN, E. (1963): L'exposé original de la notion de faciès par A. Gressly (1814-1865). – Sci. Terre 9, 83-119.